

ВОПРОС 1

Присланное изображение содержит типичный пример трека заряженной частицы (слева) и обсуждаемый пример (справа). Первый пример очень распространен, тогда как второй — гораздо более редкое событие. Если считать правое изображение треком заряженной частицы, есть ли у вас мнение, какие условия нужны, чтобы заряженная частица произвела данный, гораздо более редкий трек?

ОТВЕТ

Cosmic rays can come from any direction in space, and many will have origins from outside of our solar system. Earth's magnetic field can impart a small influence on their directionality but for the most part they can, and do, come from all directions. They also come with a huge range of energies – some with much more or less than others. In order to leave a substantial 'footprint' on the CCD, the particle needs to approach almost (not perfectly) parallel to the front of the CCD, and has to pass through a few microns of silicon substrate layers that are on the CCD itself. So with streaks like that big one you sent me, the particle track probably begins in the upper-right when the CR first hits the CCD. It then likely hits a more resistive layer of silicon on the CCD, causing it to dump a lot of energy and create those saturation bars. Then it moves into a less resistive part of the CCD and eventually 'skims' the surface of it (the lower-left 'spattering' part of the track) as it exits, leaving a trail of ionized silicon atoms behind it.

Note: I am NOT a particle physicist, so this is my broad understanding of the process. It is quite fascinating to me though!

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД:

Космические лучи могут приходить из любого направления в космосе, и многие из них имеют происхождение за пределами нашей солнечной системы. Магнитное поле Земли может оказывать небольшое влияние на их направленность, но в большинстве случаев они могут приходить и приходят со всех направлений. Они также имеют огромный диапазон энергий — некоторые с гораздо большей или меньшей энергией, чем другие. Чтобы оставить существенный «след» на ПЗС, частица должна приблизиться почти (но не идеально) параллельно передней части ПЗС и должна пройти через несколько микрон слоев кремниевой подложки, которые находятся на самой ПЗС. Таким образом, с полосами, такими как та большая, которую вы прислали, след частицы, вероятно, начинается в правом верхнем углу, когда CR (cosmic ray; космический луч) впервые попадает на ПЗС. Затем он, вероятно, попадает на более резистивный слой кремния на ПЗС, заставляя его сбрасывать много энергии и создавать эти полосы насыщения. Затем он перемещается в менее резистивную часть ПЗС и в конечном итоге «скользит» по ее поверхности (нижняя левая «разбрызгивающая» часть дорожки) при выходе, оставляя за собой след из ионизированных атомов кремния (выделено нами, см. комментарий).

Примечание: я НЕ специалист по физике частиц, так что это мое общее понимание процесса. Но для меня это довольно увлекательно!)

Наш комментарий: это наиболее важная часть ответа, поскольку именно наличие хвоста представляет собой наибольшую трудность для «гипотезы частицы». Без него это было бы, действительно, рядовое событие. В данном случае объяснение

не вполне ясное и если среди читателей есть специалисты в физике процесса, то было бы интересно услышать комментарии, что здесь может иметься в виду

ВОПРОС 2

Заряженные частицы обычно появляются в большом количестве на изображениях после солнечных вспышек. Что может быть причиной появления одной частицы на изображении без солнечных вспышек?

ОТВЕТ

The particles we see from solar flares are called ‘solar energetic particles’, or SEP’s. These are particles specifically of solar origin that are accelerated by flares. They are quite distinct from the sporadic galactic cosmic rays that cause the ‘single’ random events.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД:

Частицы, которые мы видим во время солнечных вспышек, называются «солнечными энергетическими частицами» или SEP. Это частицы, имеющие специфическое солнечное происхождение и ускоряемые вспышками. Они совершенно отличны от спорадических галактических космических лучей, которые вызывают «единичные» случайные события.

Наш комментарий: в данном случае ответ предсказуем, так как, действительно, в отсутствие вспышек частица, если придерживаться этого объяснения, может иметь только галактическое происхождение. Иные виды частиц, в том числе частицы солнечного ветра, не имеют достаточной энергии.

ВОПРОС 3

Есть ли способ надежно отличить след заряженной частицы на детекторе от регистрации реального объекта (например, более близкого объекта, спроецированного на Солнце: вращающегося космического мусора и иных).

ОТВЕТ

Certainly. For the most part, it is impossible for LASCO to see anything that is “close” to the spacecraft, because the optic system cannot focus on nearby objects. It is designed to be focused at “infinity” (i.e., the night sky). So let’s we imagine an astronaut somehow went to SOHO (impossible, but let’s pretend). If they put their face right in front of the LASCO camera, they would simply block light and we would see nothing, or (actually more likely) we would see reflections of light from their visor. But unless they stayed perfectly motionless for the duration of the 17-second exposure, we would see nothing but blurriness. If they moved further away from the telescope (and we will pretend their suit does not reflect any light) they would *very* quickly become blurry and soon entirely invisible, because they would be out of focus. The same would apply to *anything* big that passed in front of SOHO or between SOHO and the Sun – it would either block light entirely if extremely close, or be completely unfocussed and invisible (or, actually more likely, reflect sunlight directly into the camera and cause a massive excess of stray light that would completely ruin the entire image).

So we can easily rule out anything that is near to SOHO, or anything 'shiny' that passes through the field at a reasonable distance from SOHO. For things that *are* in focus, i.e. those far out in space, we know the difference between those and CRs because we can see them for more than one image. I am sure you have seen many planets and comets in the LASCO images – they all move gradually through the field of view over a few hours or days. The comets are moving extremely fast – up to 400km/s or more – and yet they still appear to be relatively slow, perhaps 3-10 pixels per image. That's because the region of space that LASCO sees is *vast* -- millions of kilometers – and of course it takes a long time for things to move through it.

I believe one LASCO C3 pixel at the distance of the Sun has an apparent diameter of something like 40,000km (56 arcsecond angular resolution for C3). So if something is only in one image, appears to be in focus in the image, and has a pixel length of (let's say) 50 pixels, it means that either it is something on the CCD itself (CR) – OR – it is something approximately 2-million kilometers in size (~14 Jupiter widths!), and capable of crossing millions of kilometers in the 6-minutes between successive LASCO images in order to only show up in a single 17-second exposure! The laws of physics as we know them do not support the latter at all, but they very much support and predict CRs, and the well-documented effects of CR's on CCD's. So that seems the far more reasonable explanation.

Therefore, an object in: one single image = CR; multiple images, moving slowly, and in a ~ straight line = comet/asteroid/planet.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД:

Конечно. По большей части, LASCO не может увидеть ничего, что находится «вблизи» космического корабля, потому что оптическая система не может фокусироваться на близлежащих объектах. Она разработана для фокусировки на «бесконечности» (т. е. на ночном небе). Итак, давайте представим, что астронавт каким-то образом отправился в SOHO (невозможно, но давайте представим). Если бы они расположили свое лицо прямо перед камерой LASCO, они бы просто заблокировали свет, и мы бы ничего не увидели, или (что на самом деле более вероятно) мы бы увидели отражения света от их забрала. Но если бы они не оставались совершенно неподвижными в течение 17-секундной экспозиции, мы бы не увидели ничего, кроме размытости. Если бы они отошли от телескопа (и мы притворимся, что их костюм не отражает никакого света), они бы *очень* быстро стали размытыми и вскоре полностью невидимыми, потому что они были бы не в фокусе. То же самое относится ко всему *большому*, что прошло перед SOHO или между SOHO и Солнцем — оно либо полностью заблокирует свет, если окажется очень близко, либо будет полностью не сфокусировано и невидимо (или, что более вероятно, отразит солнечный свет прямо в камеру и вызовет огромный избыток рассеянного света, который полностью испортит все изображение).

Таким образом, мы можем легко исключить все, что находится рядом с SOHO, или все «блестящее», что проходит через поле на разумном расстоянии от SOHO. Для вещей, которые *находятся* в фокусе, т. е. тех, что находятся далеко в космосе, мы знаем разницу между ними и CR, потому что мы можем видеть их более чем на одном изображении. Я уверен, что вы видели много планет и комет на изображениях LASCO — все они постепенно перемещаются через поле зрения в течение нескольких часов или дней. Кометы движутся очень быстро — до 400 км/с

или более — и все же они все еще кажутся относительно медленными, возможно, 3-10 пикселей на изображение. Это потому, что область пространства, которую видит LASCO, *огромна* — миллионы километров — и, конечно, требуется много времени, чтобы предметы прошли через нее.

Я считаю, что один пиксель LASCO C3 на расстоянии Солнца имеет видимый диаметр около 40 000 км (угловое разрешение 56 угловых секунд для C3). Так что если что-то есть только на одном изображении, кажется в фокусе на изображении и имеет длину пикселя (скажем) 50 пикселей, это означает, что либо это что-то на самой ПЗС (CR) — ИЛИ — это что-то размером примерно 2 миллиона километров (~14 ширин Юпитера!) и способно пересечь миллионы километров за 6 минут между последовательными изображениями LASCO, чтобы появиться только на одной 17-секундной экспозиции! Законы физики, как мы их знаем, вообще не поддерживают последнее, но они очень поддерживают и предсказывают CR, и хорошо документированные эффекты CR на ПЗС. Так что это кажется гораздо более разумным объяснением.

Следовательно, объект в: одном отдельном изображении = CR; нескольких изображениях, движущихся медленно и по ~ прямой линии = комета/астероид/планета.

Наш комментарий: хотя идея ответа понятна (близкий объект был бы расфокусирован, а дальний не успел бы вылететь за пределы поля зрения на следующем изображении), с ним нельзя полностью согласиться. На оригинальном снимке «птицы» длина трека составляет 170 пикселей при времени экспозиции 17 секунд. Таким образом, скорость перемещения «птицы» (если считать её близким движущимся объектом, а не снимком дальнего окосолнечного) равна 10 пикселей в секунду при размере изображения 1024 пикселя. Это означает, что объект пересекает поле зрения за время около 2 минут по прямой и 3 минут по диагонали. Интервал же между кадрами составлял 10 минут.

Также можно заметить, что если исходить из характерных скоростей движения в космосе в 10 км/с, а также учесть, что угловая длина трека составляет около 0.5 градуса, а время экспозиции составляет 17 секунд, то расстояние до объекта равно около 20 тысяч км, что, безусловно, исключает возможность его размытия из-за дефокусировки.

Можно заметить, что по такой же оценке расстояние до второго объекта, который и был выслан для комментария, составляет около 5 тысяч км.